



⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Schueler, Hans, Dipl.-Ing. (FH), 8017 Ebersberg, DE;  
Lauterbach, Heinz, Dipl.-Ing., 7300 Esslingen, DE;  
Tschoeke, Helmut, Dr.-Ing., 7302 Ostfildern, DE;  
Kinzel, Richard, Dipl.-Ing., 6147 Lautertal, DE; Stipek,  
Theodor, Dipl.-Ing. Dr., Hallein, AT

⑤4 Kraftstoffeinspritzpumpe für Brennkraftmaschinen

Eine Kraftstoffeinspritzpumpe für Brennkraftmaschinen weist einen in einem Zylinder (14) axial und drehbeweglich geführten Pumpenkolben (16) auf, der eine Steuerkante (27) und eine Ausnehmung (24) in der Mantelfläche (162) des Pumpenkolbens (16) begrenzende Absteuerkante (25) aufweist. Zur Begrenzung und Einstellung des wirksamen Förderhubs arbeiten Steuerkante (27) und Absteuerkante (25) mit einer Steueröffnung (23) im Zylinder (14) zusammen, die mit einem kraftstoffgefüllten Niederdruckraum (22) in Verbindung steht. Zur Vermeidung von Kavitationsschäden beim Absteuervorgang ist in dem von der Steuerkante (27) und der Absteuerkante (25) begrenzten Mantelflächenabschnitt des Pumpenkolbens (16) eine Vorabsteuernut (28) vorgesehen, die etwa parallel zu der Absteuerkante (25) verläuft. Sie ist in einem solchen Abstand von der Absteuerkante (25) angeordnet, daß sie unmittelbar vor Eintreten der Absteuerkante (25) in die Steueröffnung (23) (Absteuerbeginn) den unter Hochdruck stehenden Pumpenarbeitsraum (17) an die Steueröffnung (23) anschließt (Fig. 3).

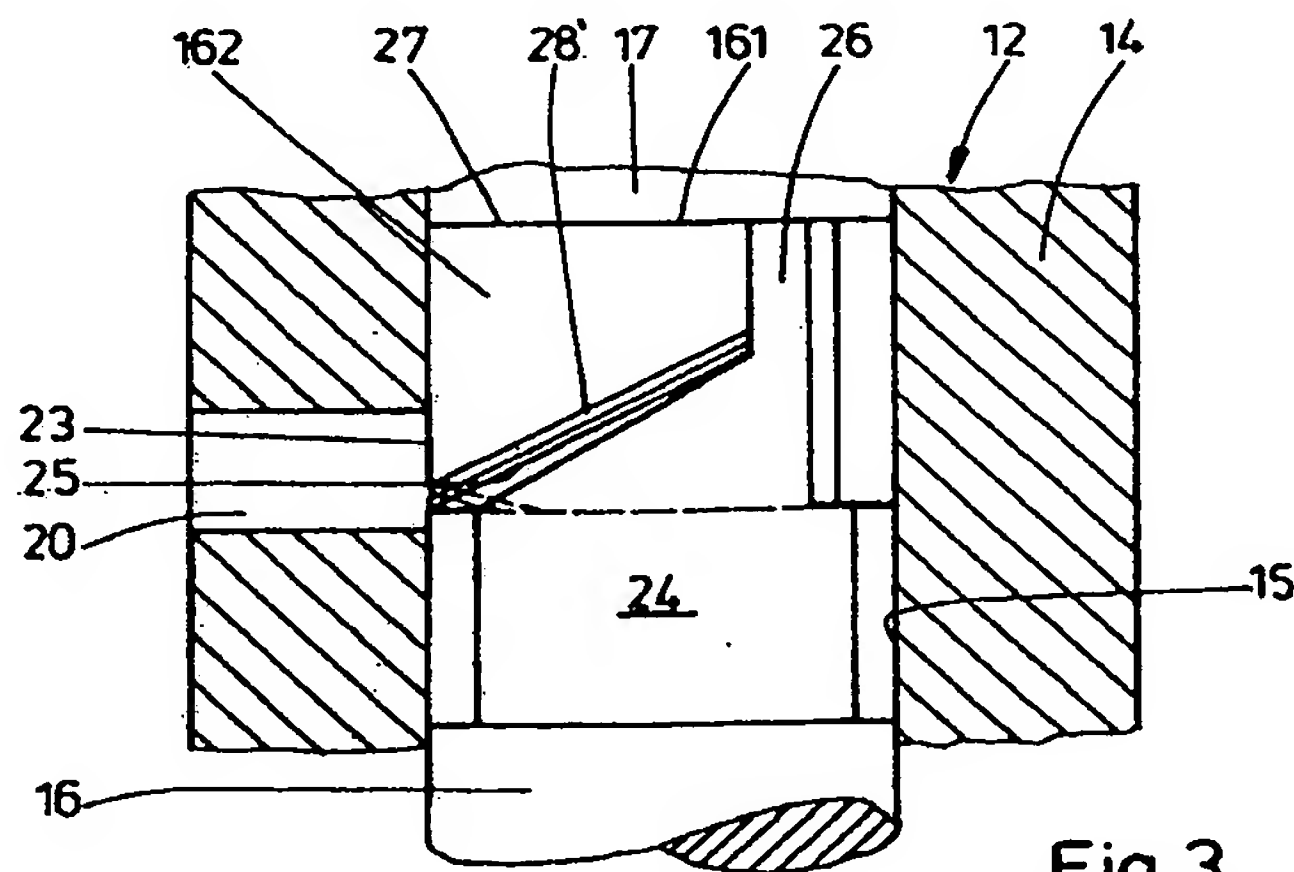


Fig. 3

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Kraftstoffeinspritzpumpe für Brennkraftmaschinen der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

Bei solchen Kraftstoffeinspritzpumpen wird beim Saughub des von einem rotierenden Steuernocken angetriebenen Pumpenkolbens der Hochdruck- oder Verdichtungs- oder Pumpenarbeitsraum über die freigegebene Steueröffnung in der Zylinderwand mit Kraftstoff aus dem den Niederdruckraum darstellenden Pumpeninnenraum gefüllt. Der Förderhub setzt ein, sobald die Steuerkante des Pumpenkolbens die Steueröffnung passiert hat und letztere von der Mantelfläche des Pumpenkolbens verschlossen wird. Da der gesamte Hub des Pumpenkolbens immer konstant ist, kann die Menge des bei jedem Kolbenhub aus dem Hochdruckraum zur Einspritzung geförderten Kraftstoffs dadurch verändert werden, daß der nutzbare Förderhub eingestellt wird. Diesem Zweck dient die Ausnehmung mit der Absteuerkante, welche die Mantelfläche des Kolbens zur Ausnehmung hin begrenzt. Sobald die Absteuerkante sich über die Steueröffnung zu schieben beginnt, wird über die Ausnehmung die Steueröffnung zunehmend mit dem Hochdruckraum verbunden. Da der Förderdruck wesentlich größer ist als der Druck im Niederdruck- oder Pumpeninnenraum, fließt der Kraftstoff schlagartig aus dem Hochdruckraum über die Steueröffnung in den Niederdruckraum ab. Die Kraftstoffförderung wird damit augenblicklich abgestellt. Durch Verdrehen des Pumpenkolbens um seine Längsachse kann dabei der Zeitpunkt, zu welchem die schräg oder schraubenlinienförmig verlaufende Absteuerkante an der Steueröffnung vorbeigleitet — und damit das Förderende — später oder früher, bezogen auf die Hubperiode des Pumpenkolbens, eingestellt werden.

Durch den erheblichen Druckunterschied zwischen dem Förderdruck im Hochdruckraum und dem Kraftstoffdruck im Niederdruckraum findet beim Absteuervorgang, also bei Beendigung des Förderhubs, der Abfluß des Kraftstoffs über die Steueröffnung so intensiv statt, daß an der Steueröffnung Wirbelströmungen und Unterdruckzonen auftreten, die zur Kavitation an der Kolbenmantelfläche führen. Insbesondere ist beim Absteuervorgang die Bildung von Dampfblasen zu beobachten, die insbesondere dann, wenn sie in Wandnähe implodieren, erhebliche Schäden an der Kolbensteuerfläche hervorrufen.

Zur Verminderung dieser Erscheinungen ist bei einer bekannten Kraftstoffeinspritzpumpe der eingangs genannten Art (DE-PS 27 49 693) die die Steueröffnung mit dem Niederdruckraum verbindende Leitung oder Bohrung im Zylindermantel in mindestens einen Speise- und mindestens einen Ablaufzweig aufgeteilt und wird mit Einsetzen des Absteuervorgangs durch die endseitig geschlossene Nut in der Kolbenfläche zwischen Steuerkante und Absteuerkante eine Verbindung zwischen dem Speise- und Ablaufzweig hergestellt. Dadurch wird dem Ablaufzweig während des Absteuervorgangs Kraftstoff aus dem Speisezweig zugeführt und dadurch die Wirbelströme und Unterdruckzonen mit der Folge der Reduzierung der Kavitationskräfte weitgehend abgebaut.

Bei einer ebenfalls bekannten Kraftstoffeinspritzpumpe (US-PS 41 63 634) dient die zwischen Steuerkan-

te und Absteuerkante in der Mantelfläche des Pumpenkolbens angeordnete Nut nicht zur Verhinderung von Kavitationsschäden sondern zur Reduzierung der Kraftstofffördermenge bei Belastung der Brennkraftmaschine und der dadurch einsetzenden Drehzahlreduzierung. Hierzu erstreckt sich die Nut über einen Teilbereich der Absteuerkante und spart denjenigen Bereich der Absteuerkante aus, der bei Leerlauf wirksam ist, d.h. bei Leerlaufeinstellung des Pumpenkolbens mit der Steueröffnung korrespondiert. Die Nut ist mit ihrem einen Ende an dem Hochdruckraum angeschlossen und an ihrem anderen Ende verschlossen. Sie ist relativ zu der Absteuerkante so angeordnet und so dimensioniert, daß sie von einer bestimmten Stelle des Förderhubs an bis hin zum Ende des Förderhubs im Bereich der Steueröffnung liegt und einen Teil des Kraftstoffs im Hochdruckraum über die Steueröffnung abfließen läßt. Im Leerlauf der Kraftstoffeinspritzpumpe ist die Nut unwirksam.

## Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzpumpe mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß durch einfache Maßnahmen Schäden an den Kolbenflächen vermieden werden. Durch die Vorabsteuernut wird unmittelbar vor dem eigentlichen Absteuervorgang Kraftstoff aus dem Hochdruckraum in die Steueröffnung gefördert und dadurch werden vor dem eigentlichen Absteuerbeginn Hohlräume an der Steueröffnung weggespült, so daß die sich bildenden Dampfblasen weg von der Kolbenfläche in einen von der Kolbenfläche weiter entfernten Bereich verlagert werden. Bildet man dabei gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung die Vorabsteuernut so aus, daß diese mit dem Hochdruckraum an einem Nutende verbunden ist und an ihrem anderen Nutende verschlossen ist, so kommt der in der Steuerbohrung befindliche Kraftstoff durch den einseitigen Zugang in Rotation. Die dadurch auftretende Drallströmung verbessert das Wegspülen der Dampfblasen aus dem strömungsarmen Bereich an Kolben und Steueröffnung wesentlich.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Kraftstoffeinspritzpumpe möglich.

Durch die Ausbildung der Vorabsteuernut in einer solchen Weise, daß sie in demjenigen Bereich der Absteuerkante, der bei großen Förderhüben des Pumpenkolbens wirksam ist, tiefer und/oder breiter als in demjenigen Bereich der Absteuerkante, der bei kleinen Förderhüben des Pumpenkolbens wirksam ist, ausgeführt ist oder durch Wegfall der Vorabsteuernut in dem Bereich der Absteuerkante, der bei kleinen Förderhüben des Pumpenkolbens wirksam ist, wird der Einfluß der zum Spülen über die Vorabsteuernut abgezweigten Kraftstoffmenge auf Toleranzen in der Zumessung der Kraftstoffeinspritzmenge, was insbesondere bei kleinen Förderhüben problematisch ist, gering gehalten. Außerdem sind die Kavitationsprobleme bei kleinen Förderhüben ungleich geringer als bei großen Förderhüben, so daß keine nennenswerte Beeinträchtigung des verfolgten Zwecks der Schädenreduzierung eintritt.

Zweckmäßige Bemessungen der Vorabsteuernut sind in den Ansprüchen 8 — 10 angegeben.

## Zeichnung

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ausschnittsweise einen Längsschnitt einer Kraftstoffeinspritzpumpe,

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung des Bereichs II in Fig. 1,

Fig. 3 abschnittsweise einen Längsschnitt eines Pumpenelements der Kraftstoffeinspritzpumpe in Fig. 1 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die in Fig. 1 nur teilweise im Längsschnitt dargestellte Kraftstoffeinspritzpumpe weist ein aus Aluminium gegossenes Pumpengehäuse 10 mit einer Aufnahmebohrung 11 auf, in welche ein nur teilweise dargestelltes Pumpenelement 12 eingesetzt und mittels eines Flansches 13 in bekannter Weise befestigt ist. Das Pumpenelement 12 besteht aus einer Zylinderbüchse 14, an welcher der Flansch 13 angeformt ist, einem in der Zylinderbohrung 15 der Zylinderbüchse 14 axial- und drehbeweglich geführten Pumpenkolben 16 und einem Druckventil 18, das mit seinem Druckventilgehäuse 19 in einem im Durchmesser erweiterten Abschnitt der Zylinderbohrung 15 eingeschraubt ist und zusammen mit dem Pumpenkolben 16 einen Pumpenarbeitsraum 17 begrenzt. In der Zylinderbüchse 14 sind zwei diametral gegenüberliegende Steuerbohrungen 20, 21 angeordnet, die mit einem zugleich als Saugraum dienenden Rückströmraum 22 verbunden sind. Jede Steuerbohrung 20, 21 mündet mit einer Steueröffnung 23 in der Zylinderbohrung 15. Der Rückströmraum 22 ist über eine nicht dargestellte Verbindungsleitung in an sich bekannter Weise mit dem Pumpeninnenraum verbunden, der mittels einer Kraftstoffförderpumpe mit Kraftstoff gefüllt und unter einem Druck von ca. 2 bis 5 bar steht.

In die Mantelfläche 162 des Pumpenkolbens 16 sind zwei als schräge oder schraubenlinienförmig verlaufende Nuten ausgebildete Ausnehmungen 24 eingearbeitet, deren zum Pumpenarbeitsraum 17 hinweisende Begrenzung an der Mantelfläche 162 des Pumpenkolbens 16 eine Absteuerkante 25 bildet. Jede Ausnehmung 24 ist ständig über eine als Längsnut in den Pumpenkolben 16 eingearbeitete Stoppnut 26 mit dem Pumpenarbeitsraum 17 verbunden. Anstelle der Stoppnut 26 kann auch eine Axialbohrung vorgesehen sein. Die vordere, an der den Pumpenarbeitsraum 17 begrenzenden Stirnfläche 161 des Pumpenkolbens 16 liegende Begrenzungskante der Mantelfläche 162 bildet die Steuerkante 27 des Pumpenkolbens 16. Während des Axialhubs des Pumpenkolbens 16 verschließt der zwischen der Steuerkante 27 und der Absteuerkante 25 liegende Flächenabschnitt der Mantelfläche 162 des Pumpenkolbens 16 die Steueröffnung 23 einer jeden Steuerbohrung 20, 21. Im unteren Totpunkt des Pumpenkolbens 16 liegt die Steuerkante 27 im Bereich der Steueröffnungen 23, so daß Kraftstoff aus dem kraftstoffgefüllten Rückströmraum 22 in den Pumpenarbeitsraum 17 strömen kann. Während des wirksamen Förderhubs sind die Steueröffnungen 23 von der Mantelfläche 162 des Pumpenkolbens 16 verschlossen, und mit Ende des wirksamen Förderhubs gelangt jeweils eine Absteuerkante 25 in den Bereich einer Steueröffnung 23, wodurch über die Stoppnut 26 und die Ausnehmung 24 wiederum eine Verbindung zwischen dem Pumpenarbeitsraum 17 und der Steueröff-

nung 23 hergestellt wird. Der unter Hochdruck im Pumpenarbeitsraum 17 stehende Kraftstoff kann nunmehr schlagartig über die Steuerbohrungen 20, 21 in den Rückströmraum 22 abfließen. Da der axiale Kolbenhub konstant ist, wird zur Einstellung des wirksamen Förderhubs der Pumpenkolben 16 um seine Längsachse gedreht, so daß die Absteuerkante 25 während des Pumpenkolbenhubs zeitlich früher oder später in den Bereich der Steueröffnung 23 gelangt. Entsprechend früher oder später liegt damit das Förderende.

Zur Vermeidung von Kavitationsschäden an der Mantelfläche 162 des Pumpenkolbens 16 und im Bereich der Steuerbohrungen 20, 21 unmittelbar an der Steueröffnung 23 durch implodierende Dampfblasen ist in dem Mantelflächenabschnitt zwischen Absteuerkante 25 und Steuerkante 27 eine Vorabsteuernut 28 vorgesehen. Jeweils eine Vorabsteuernut 28 ist einer Absteuerkante 25 zugeordnet und verläuft in etwa parallel zu dieser, vorzugsweise über deren gesamte Längserstreckung. Die Vorabsteuernut 28 mündet an einem Ende in die Stoppnut 26 (Fig. 1) und ist am anderen Ende verschlossen (Fig. 2). Der Abstand der Vorabsteuernut 28 von jeder Steuerkante 27 ist so getroffen, daß die Vorabsteuernut 28 unmittelbar vor Eintreten der Absteuerkante 25 in den Bereich der Steueröffnung 23 gelangt und dadurch den Pumpenarbeitsraum 17 bereits unmittelbar vor dem eigentlichen Absteuerbeginn an die Steueröffnung 23 anschließt. Damit strömt unter Hochdruck stehender Kraftstoff in dosierter Menge bereits unmittelbar vor Absteuerbeginn in die Steueröffnung 23 ab und verlagert die sich hier bildenden oder gebildeten Unterdruckzonen und Dampfblasen in das Innere der Steuerbohrungen 20, 21 hinein, so daß implodierende Dampfblasen keine Kavitationsschäden an der Mantelfläche 162 des Pumpenkolbens 16 hervorrufen können. Zweckmäßigerweise ist dabei die Vorabsteuernut 28 so ausgebildet, daß sie in demjenigen Bereich der Absteuerkante 25, der bei großen Förderhüben des Pumpenkolbens 16 wirksam ist, tiefer und/oder breiter ausgebildet ist als in demjenigen Bereich der Absteuerkante 25, der bei kleineren Förderhüben des Pumpenkolbens 16 wirksam ist. Dadurch wird die unmittelbar vor Absteuerbeginn in die Steueröffnung 23 einströmende Kraftstoffmenge so dimensioniert, daß sie bei großen Förderhüben groß und bei kleinen Förderhüben verschwindend klein ist. Auf diese Weise werden Toleranzprobleme bei der Zumessung der Kraftstoffeinspritzmenge während des Förderhubs des Pumpenkolbens 16 in Grenzen gehalten; denn da der über die Vorabsteuernut 28 zur Spülung abströmende Kraftstoff in der zugemessenen Fördermenge fehlt, ist bei kleinen wirksamen Förderhüben die abfließende Kraftstoffmenge zum Spülen weit kritischer als bei großen wirksamen Förderhüben. Entsprechend wird durch die genannte Ausbildung der Vorabsteuernut 28 die Spül-Kraftstoffmenge bei großen Förderhüben wesentlich größer als bei kleinen Förderhüben bemessen. Zur Vereinfachung der Herstellung der Vorabsteuernut 28 kann diese auch in Breite und Tiefe konstant ausgeführt werden, erstreckt sich aber dann nicht über die gesamte Länge der Absteuerkante 25 sondern nur über denjenigen Bereich der Absteuerkante 25, der bei mittleren und großen Förderhüben wirksam ist. Im Bereich kleiner Förderhübe ist die Vorabsteuernut 28 nicht wirksam.

Besonders effektiv hat sich eine Bemessung der Vorabsteuernut 28 erwiesen, die wie folgt ist: Der Abstand der Vorabsteuernut 28 von der Absteuerkante 25 beträgt etwa 20–50% des lichten Durchmessers der Steu-

eröffnung 23. Die Breite der Vorabsteuernut 28 beträgt etwa 20–50% des Durchmessers der Steueröffnung 23. Die Tiefe der Vorabsteuernut 28 beträgt etwa 2–20% des Durchmessers der Steueröffnung 23.

Anstelle der einseitig geschlossenen Vorabsteuernut 28, die an dem anderen Ende über die Stoppnut 26 mit dem Hochdruckraum oder Pumpenarbeitsraum 17 verbunden ist, kann die Vorabsteuernut 28' auch an beiden Enden mit dem Pumpenarbeitsraum 17 verbunden sein. In diesem Fall wird der aus der Vorabsteuernut 28' in die Steueröffnung 23 austretende Kraftstoff nicht in einer Art Drallströmung über die Mantelfläche 162 des Pumpenkolbens 16 hinwegströmen, wie dies in Fig. 2 schematisch dargestellt ist und was besonders vorteilhaft für das Wegspülen der Unterdruckzonen und Dampfblasen von der Mantelfläche 162 des Pumpenkolbens 16 ist, aber dennoch werden durch den von der Vorabsteuernut 28 sich ablösenden Kraftstoff diese Zonen und Dampfblasen in das Innere der Steuerbohrungen 20, 21 hineingespült. In beiden Fällen kann der Nutquerschnitt rechteckig oder als Kreisabschnitt ausgeführt werden. Die durchgehende Vorabsteuernut 28' ist in Fig. 2 stichpunktartig angedeutet und in Fig. 3 ausgezogen dargestellt.

In Fig. 3 ist eine Modifikation des Pumpenelements 12 dargestellt. Hier ist nur eine Steuerbohrung 20 mit einer Steueröffnung 23 vorgesehen. Entsprechend ist am Pumpenkolben 16 nur eine einzige Ausnehmung 24 vorhanden, die über die Stoppnut 26 mit dem Pumpenarbeitsraum 17 in ständiger Verbindung steht. Die Ausnehmung 24 wird in gleicher Weise von einer Absteuerkante 25 begrenzt. Parallel zur Absteuerkante 25 verläuft die Vorabsteuernut 28', die an einem Ende in die Stoppnut 26 und mit ihrem anderen Ende in die Ausnehmung 24 mündet.

#### Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzpumpe für Brennkraftmaschinen mit einem in einem Zylinder geführten, axial hin- und hergehenden Pumpenkolben, der mit seiner Stirnfläche einen Hochdruckraum begrenzt, zur Begrenzung eines nutzbaren Förderhubs auf seiner Mantelfläche mindestens eine mit dem Hochdruckraum in ständiger Verbindung stehende Ausnehmung mit einer etwa schräg oder schraubenförmig verlaufenden Absteuerkante trägt und zur Einstellung des nutzbaren Förderhubs um seine Längsachse verdrehbar ist, mit mindestens einer mit dem Pumpenkolben zusammenwirkenden Steueröffnung in der Zylinderwand, die mit einem Niederdruckraum in Verbindung steht und beim Förderhub des Pumpenkolbens von dessen Mantelfläche nach Vorbeigleiten einer an oder nahe der den Hochdruckraum begrenzenden Kolbenstirnfläche angeordneten Steuerkante verschlossen und mit Vorbeigleiten der Absteuerkante zum Hochdruckraum hin freigegeben wird, und mit einer auf der von der Steuerkante und der Absteuerkante begrenzten Mantelfläche des Pumpenkolbens im Abstand von der Absteuerkante und etwa parallel dazu verlaufenden Nut zur Reduzierung von Kavitationsschäden, deren Nutbreite kleiner als die Steueröffnung ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Nut (28) in ständiger Verbindung mit dem Hochdruckraum (17) steht und einen solchen Abstand von der Absteuerkante (25) hat, daß sie unmittelbar vor Eintreten der Absteuerkante (25) in

die Steueröffnung (23) als Vorabsteuernut (28) den Hochdruckraum (17) an die Steueröffnung (23) anschließt.

2. Pumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung zum Hochdruckraum (17) über mindestens ein Nutende der Vorabsteuernut (28) geführt ist.

3. Pumpe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das andere Nutende der Vorabsteuernut (28) verschlossen ist.

4. Pumpe nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß die ständige Verbindung der Ausnehmung (24) mit dem Hochdruckraum (17) durch eine auf dem Kolbenmantel (162) axial verlaufende Stoppnut (26) bewirkt ist und daß die Vorabsteuernut (28, 28') mit einem Nutende in die Stoppnut (26) mündet.

5. Pumpe nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorabsteuernut (28) sich über die gesamte Länge der Absteuerkante (25) erstreckt.

6. Pumpe nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorabsteuernut (28) in demjenigen Bereich der Absteuerkante (25), der bei großen wirksamen Förderhüben des Pumpenkolbens (16) wirksam ist, tiefer und/oder breiter als in demjenigen Bereich der Absteuerkante (25), der bei kleinen wirksamen Förderhüben des Pumpenkolbens (16) wirksam ist, ausgeführt ist.

7. Pumpe nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorabsteuernut (28) sich nur über denjenigen Bereich der Absteuerkante (25) erstreckt, der bei mittleren bis großen Förderhüben des Pumpenkolbens (16) wirksam ist.

8. Pumpe nach einem der Ansprüche 1–7, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Vorabsteuernut (28) von der Absteuerkante (25) etwa 20–50% des Durchmessers der Steueröffnung (23) beträgt.

9. Pumpe nach einem der Ansprüche 1–8, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Vorabsteuernut (28) etwa 20–50% des Durchmessers der Steueröffnung (23) beträgt.

10. Pumpe nach einem der Ansprüche 1–9, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefe der Vorabsteuernut (28) etwa 2–20% des Durchmessers der Steueröffnung (23) beträgt.

1/2

3804843

13

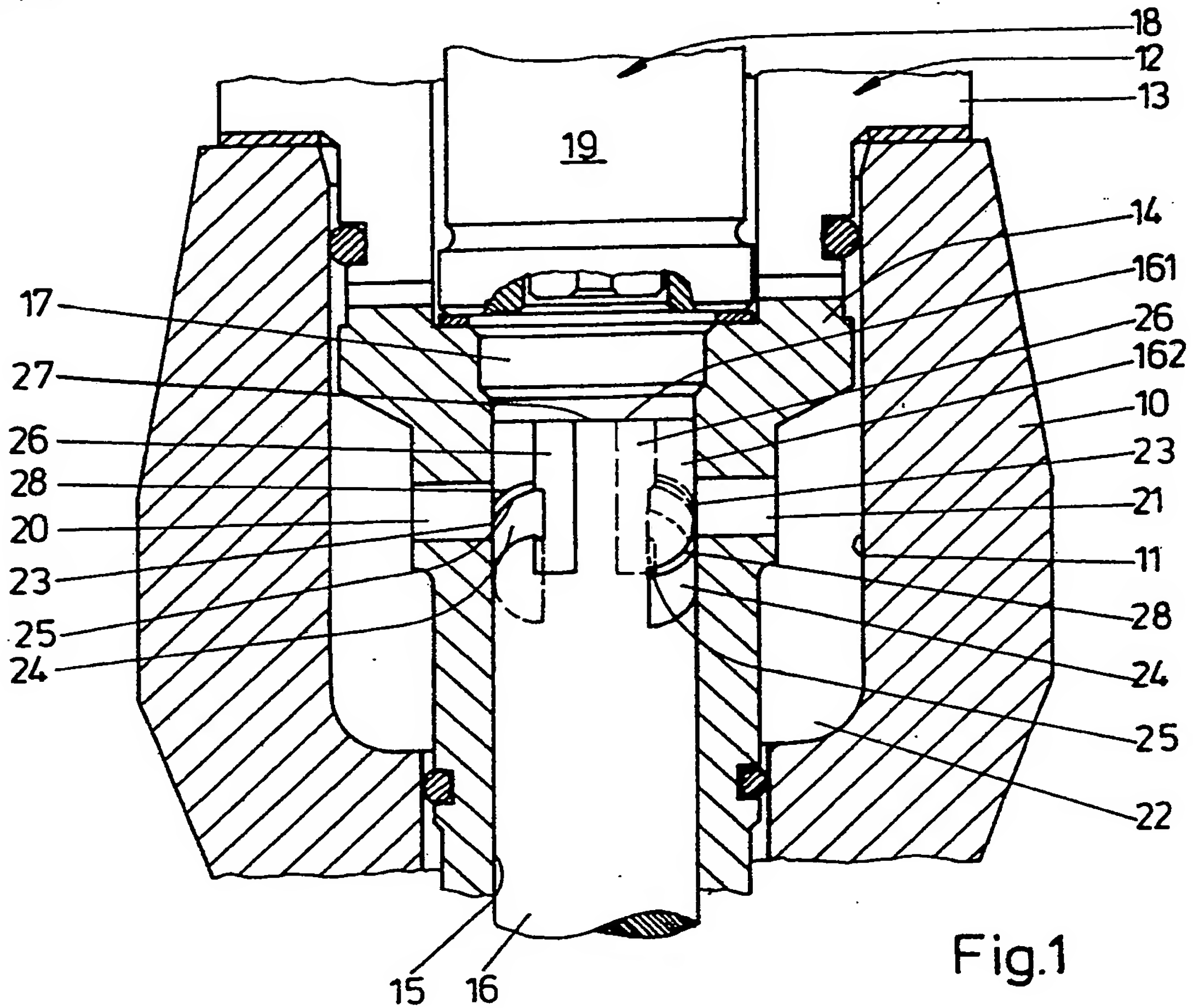


Fig. 1

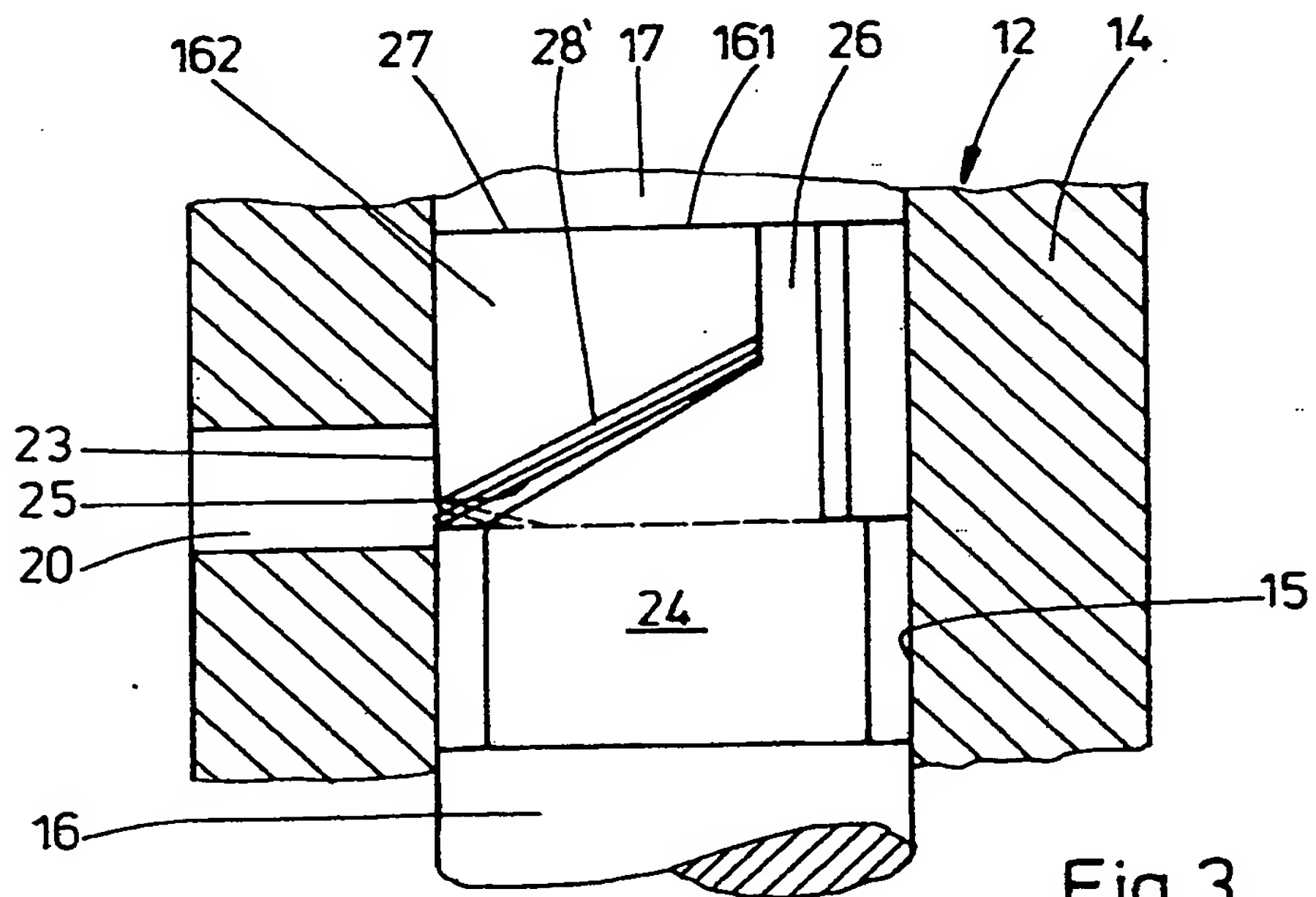


Fig. 3

2/2

3804843

14\*

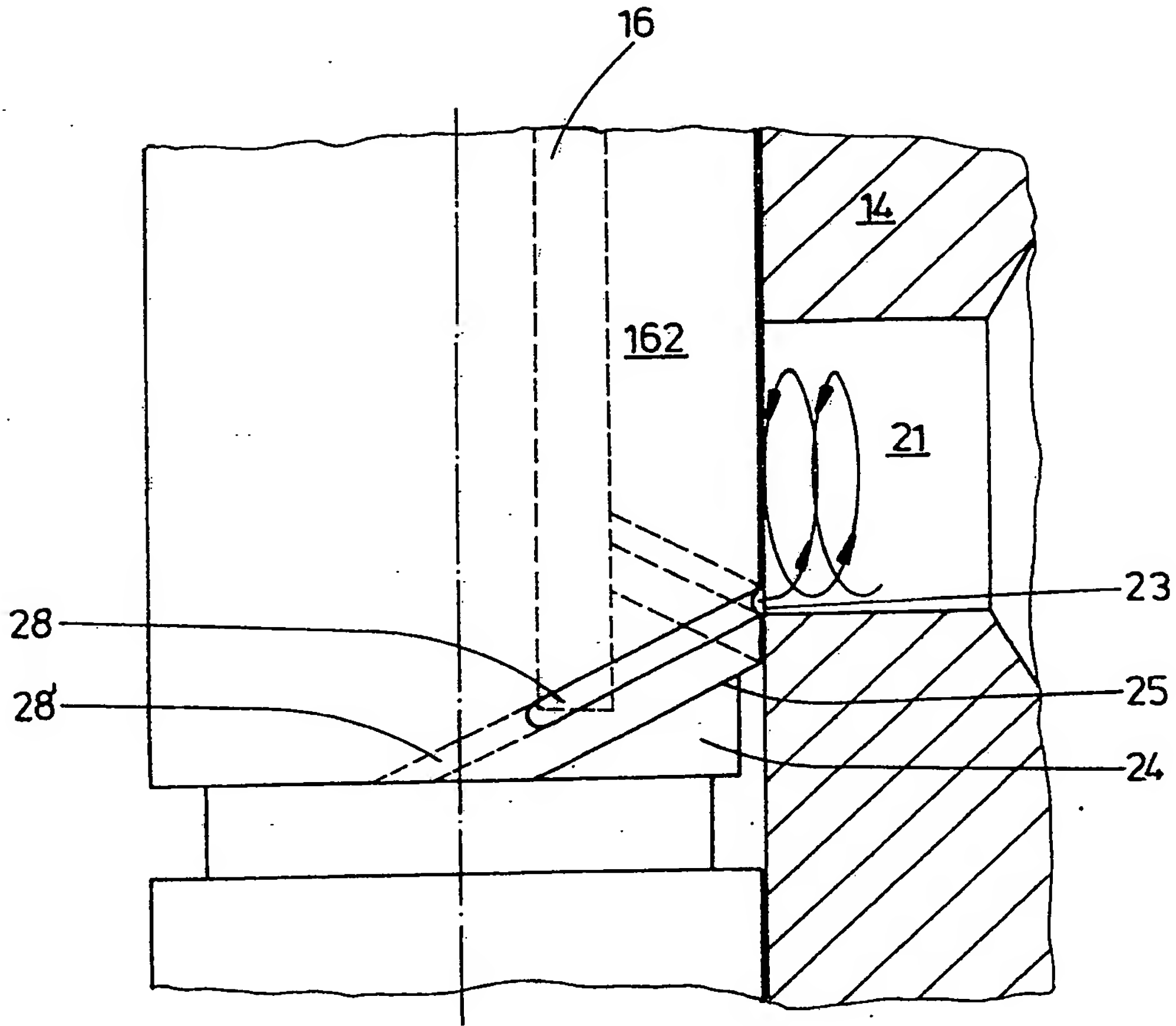


Fig.2